

文章编号: 1001-8360(2001)04-0001-06

# 高速铁路列车运行调整策略的研究

聂 磊, 张星臣, 赵 鹏, 杨 浩, 胡安洲

(北方交通大学 交通运输学院, 北京 100044)

**摘 要:** 设置合理的调整策略是保证高速铁路列车运行调整质量的重要条件。本文介绍综合评价不同调整策略的关键技术, 并利用列车运行组织模拟实验系统, 对多种运营条件下的列车运行调整策略进行模拟分析, 为优化高速铁路列车运行调整提供了方法和决策依据。

**关键词:** 高速铁路; 列车运行调整; 策略; 模拟

**中图分类号:** U292.42 **文献标识码:** A

## Study on the strategy of train operation adjustment on high speed railway

NIE Lei, ZHANG Xing-chen, ZHAO Peng, YANG Hao, HU An-zhou

(School of Traffic and Transportation, Northern Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** Reasonable adjustment strategies are important conditions to guarantee the high quality of train operation adjustment on high speed railway. Some key technologies for synthetic evaluation on different adjustment strategies are introduced. By a developed software, a lot of simulation analyses on adjustment strategies are made under various operation conditions. The method and decision-making basis for optimizing train operation adjustment on high speed railway are provided.

**Keywords:** high speed railway; train operation adjustment; strategy; simulation

高速铁路拥有现代化程度很高的技术设备及管理手段, 列车运行稳定性较普通铁路显著提高, 但实际运输生产过程中难免受到诸如事故、自然灾害、设备故障等各种随机因素的影响, 由于列车密度大、速度高, 运输生产节奏快、整体性强, 当列车运行受到干扰时, 运行调整难度大。从国外高速铁路运营经验看, 各国也都非常重视列车运行调整工作, 只是国情不同工作重点和方法各有不同而已<sup>[1-3]</sup>。如日本高速铁路, 调整工作侧重于动车组与乘务员运用计划的调整; 法国高速铁路运行调整的重点为延伸线路与高速线路的协调; 德国高速铁路运行调整工作重点是枢纽站股道运用及列车的接续。我国拟建的京沪高速铁路为客运专线, 并且在开通后相当长一段时间内将采用“高中共线运行、中速列车跨线运行”的行车组织模式, 使得我国高速铁路将面临晚点中速列车运行调整和高速动车组交路调整两个工作重点, 因而问题更复杂、难度更大。

一定的调整原则和调整措施是进行列车运行调整的基础。本文把列车运行调整原则和调整措施统称为列车运行调整策略。不同的调整策略, 调整效果会不同。由于影响列车运行的因素众多, 各种调整策略的效果很难用纯数学的方法计算, 一般用模拟分析法进行研究。列车运行仿真实验系统<sup>[4]</sup>, 用来分析不同列车运行方案的运行效果, 进而确定一些主要的技术参数。在仿真过程中, 一般根据事先设定的调整原则和调整措施调整列车运行, 而这些设定的原则是否合理、选择的调整措施是否有效没有经过实验验证。由于京沪高速铁路具有很多与普通双线铁路及国外高速铁路不同的特点, 在制定列车运行调整策略时, 必须充分考虑这些特点。例如不能把中速列车等同于既有线上的货物列车, 让其无条件待避高速列车, 导致晚点几分钟的中速列车增加几十分钟甚至更长的停站待避时间, 而停站时间过长不仅要占用到发线, 旅客心理上也难以承受。这时如果将中速列车不能引起高速列车连带晚点的调整原则修正为有条件的高速列车可以接受一定限度的

收稿日期: 2001-01-20; 修回日期: 2001-04-16

作者简介: 聂磊(1970—), 女, 湖南长沙人, 讲师, 博士。

连带晚点,可能会显著改善列车运行调整的效果。当然能够灵活运用的调整原则和调整措施很多,为了优化列车运行调整策略,必须建立能适应多种调整策略的列车运行模拟系统,通过实验定量分析比较各种调整策略的调整效果,为高速铁路列车运行制定合理、有效的调整策略提供依据。

## 1 高速铁路列车运行调整策略的内容

### 1.1 调整原则

(1) 与晚点时间有关的调整原则

① 对于相同等级列车

原则 1 正点列车绝对优先,晚点列车后行;

原则 2 所有相同等级列车按最早可能出发时间排序出发;

原则 3 部分有特殊要求的列车优先,其它列车按原则 2 处理。

② 对于不同等级列车

原则 1 低等级列车不得引起高等级列车连带晚点;

原则 2 高等级列车必要时可接受低等级列车一定时间的连带晚点;

原则 3 部分高等级列车可接受低等级列车一定时间的连带晚点,其它列车绝对优先。

(2) 与列车运行自身约束传播有关的调整原则

总原则是低等级列车不得越行高等级列车,可选原则有:

原则 1 同等级列车之间不越行;

原则 2 同等级列车之间可越行。

### 1.2 调整措施

参考普通双线和国外高速铁路运营经验,运行调整的措施主要包括:(a)变更列车到发时刻;(b)变更列车到发顺序;(c)改变列车车站行车方式;(d)变更列车标准运行时间;(e)增开列车;(f)取消列车;(g)中速列车下线运行;(h)反向行车;(i)组织高速列车利用渡线在区间越行中速列车;(j)变更到发线使用;(k)变更动车组交路;(l)运用备用动车组;(m)通过空车调拨运用其它站空闲动车组;(n)变更列车接续时间等。各种措施实施的难度差别很大,实施效果对铁路与旅客双方的影响也不同,如措施 h、i 的实施难度比措施 a、b 要大得多,措施 f 虽然对迅速恢复列车运行秩序效果显著但会给铁路与旅客双方都造成较大损失。各种措施采用条件也有差别,措施 a、b 通常是必须采用的,其它则视具体情况而定,例如固定站台的通勤、通学列车一般不能变更到发线。所以选择运行调整措施时,必须综合考虑调整效果、实施难度等因素。

## 2 综合评价调整策略的关键技术

调整策略在列车运行调整时主要影响列车到发顺序的设定和到发时刻的选择,而列车到发顺序的优化和运行线间冲突的快速消解是列车运行调整过程中的两个关键技术。要综合评价调整策略的调整效果,关键在设置列车到发顺序和消解运行线之间的冲突时处理好不同调整策略的影响,其中重点在调整策略对到发顺序设置的影响。

### 2.1 列车到发顺序优化模型

确定列车到发顺序主要考虑以下几个因素:①列车最早可能发车时间;②列车等级;③列车正、晚点;④列车的剩余运程;⑤是否有特殊要求等。一般情况,总是希望列车按最早可能出发时间依次发车,但如果考虑其它因素,情况就会比较复杂,例如仅考虑两列车②、③两项因素,将有 16 种情况;三列以上的排序问题会变得更复杂。但是,一个时段内  $N$  个列车的到发顺序,实质上是多个两列车排序的结果,那么到发顺序优化模型首先应解决两列车排序问题,然后再考虑两列以上的排序问题。

#### 2.1.1 两列车排序

先介绍几个定义:

$a$ 、 $b$ ——按最早可能出发时间排序的两列车, $a$  为前行列车, $b$  为后行列车;

$DF(a)$ —— $a$  列车的到发顺序;

$T(a, b)$ —— $a$  列车按最早可能出发时间发车时,引起  $b$  列车的连带晚点时间;

$LT(a, b)$ —— $a$  为  $b$  前行列车时,允许  $b$  列车增加的连带晚点时间。

两列车的排序模型(M1)为

$$\begin{cases} DF(a) < DF(b) & \forall T(a, b) \leq LT(a, b) \\ DF(a) > DF(b) & \forall T(a, b) > LT(a, b) \end{cases}$$

模型(M1)中  $DF(a) < DF(b)$  表示  $a$  为  $b$  前行列车,  $DF(a) > DF(b)$  表示  $a$  为  $b$  后行列车。 $T(a, b)$  按  $a$ 、 $b$  两列车最佳行车方式计算

$$LT(a, b) =$$

$$\min(ST_1, ST_2, \dots, ST_i, LT_1, LT_2, \dots, LT_k)$$

式中,  $ST_i$  为各种特殊要求列车的限制时间,如紧交路列车、空动车组等,  $LT_k$  为各种情况下前行列车允许影响后行列车的限制时间,如:

$LT_1$ 、 $LT_2$ 、 $LT_3$  分别表示中速列车允许影响短途、中途、长途高速列车的时间(这里的短途、中途、长途列车是对剩余运程而言,下同);

$LT_4$ 、 $LT_5$ 、 $LT_6$ 、 $LT_7$  分别表示中速列车允许影响

正点、一级晚点、二级晚点、三级晚点高速列车的时间；

$LT_3, LT_4$  分别表示短途中速列车允许影响中途中速列车或中途中速列车允许影响长途中速列车的时间、短途中速列车允许影响长途中速列车的时间；

$LT_{10}, LT_{11}, LT_{12}$  分别表示一级晚点、二级晚点、三级晚点中速列车允许影响正点中速列车的时间；

$LT_{13}, LT_{14}$  分别表示短途高速列车允许影响中途高速列车或中途高速列车允许影响长途高速列车的时间、短途高速列车允许影响长途高速列车的时间；

$LT_{15}, LT_{16}, LT_{17}$  分别表示一级晚点、二级晚点、三级晚点高速列车允许影响正点高速列车的时间；

$LT_{18}, LT_{19}$  分别表示空动车组列车允许影响高速、中速列车的时间，一般取 0；

$LT_{20}$  为临时加开中速列车允许影响原计划中速列车的时间；

$LT_{21}, LT_{22}$  分别表示临时加开高速列车允许影响原计划高速列车、中速列车的时间；

$LT_i$  为其它情况的允许影响时间， $LT_i = \max T$ ， $\max T$  为一个较大数，表示前、后行列车不属于上述各种情况时，保持原发到发顺序。

上述各种取值中， $LT_1 \sim LT_7$  为不同等级列车之间的限制时间， $LT_3 \sim LT_{17}$  为相同等级列车之间的限制时间， $LT_{18}, LT_{19}$  为空车与运营列车之间的限制时间， $LT_{20} \sim LT_{22}$  为临时加开列车与原计划列车之间的限制时间。

$LT_i$  的取值参考高速铁路预测晚点分布规律并考虑高中速列车运行质量要求<sup>[6]</sup>，由人工给定。 $LT_i$  的不同取值代表不同的调整原则：

(1) 当  $LT_1 \sim LT_3$  递减、 $LT_9 < LT_8, LT_{14} < LT_{13}$  时，表示列车剩余运程越长，列车排序权重越大；当  $LT_1 = LT_2 = LT_3, LT_8 = LT_9, LT_{11} = LT_{14}$  时，表示运程对列车排序无影响。

(2)  $LT_4 \sim LT_7$  递增时，表示列车晚点越少，列车排序等级越高，这种设置使列车之间的晚点传播得到有效控制，但晚点列车增晚现象会较多； $LT_4 \sim LT_7$  取值相同时，表示列车晚点对列车排序无影响； $LT_4 \sim LT_7$  递减时，表示运行调整中尽量照顾晚点时间较多的列车，以减少列车终到晚点时间，但这种设置可能导致列车之间的晚点传播，晚点列车数量会增多。

(3)  $LT_1 \sim LT_3 < LT_4 \sim LT_7$  时表示剩余运程的排序权重高于列车晚点； $LT_1 \sim LT_3 > LT_4 \sim LT_7$  时表示剩余运程的排序权重低于列车晚点。

(4)  $LT_i = 0 (i = 4, \dots, 7)$  表示采用高速列车绝对优先原则，当前行中速列车对后行高速列车有任何影

响时，中速列车必须让高速列车先行。

(5)  $LT_i = 0 (i = 10, \dots, 12 \text{ 或 } i = 15, \dots, 17)$  表示正点列车的排序级绝对优先，这种设置使列车之间的晚点传播得到控制，但晚点列车增晚现象较多； $LT_i > 0 (i = 10, \dots, 12 \text{ 或 } i = 15, \dots, 17)$  表示晚点较多列车允许对晚点较少列车有一定影响，这种设置使晚点列车增晚得到控制，但列车之间的晚点传播现象较多。

(6)  $LT_i = \max T (i = 8, \dots, 12 \text{ 或 } i = 13, \dots, 17)$  表示同等级列车之间不越行，意味着当相邻列车等级相同时无论前行列车运程长短、晚点情况如何，后行列车都不能优先出发。

### 2.1.2 多列车排序

首先，将  $N$  列车按最早可能出发时间排序，形成初始出发顺序，其次，在此基础上用上述模型进行多次两两排序，形成考虑各种调整原则及影响因素的列车运行顺序方案，该过程见图 1 所示。

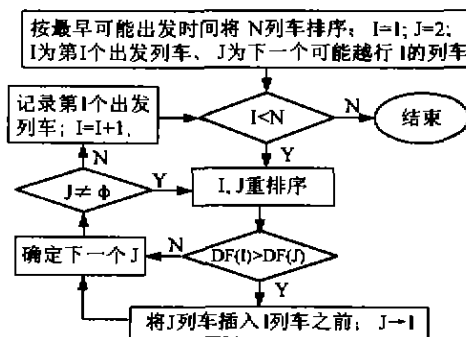


图 1 确定多列车到发顺序流程图

### 2.2 列车冲突消解模型

影响一条运行线是否可行的因素很多，可以归纳为以下几类约束：①发点约束；②与邻线的间隔时间约束；③停站时间约束；④机车交路或动车组交路约束；⑤到发线约束。当推定一列或多列列车到发顺序后，按最有利方式推定列车到发时刻，运行线之间如果不满足上述约束就出现冲突。对于一些小冲突，可以通过简单的过程化推理或执行型推理消解，否则需要采用复杂的方法进行消解。本文主要用阶段移线法和建立线性规划模型来消解列车之间的较大冲突，并在消解列车之间的冲突时考虑不同调整策略的影响。阶段移线法多用于单个冲突的消解，参见文献[5]；LP 模型则用于多个冲突的同时消解，参见文献[6]。

### 3 列车运行调整策略的模拟分析

作者研制了高速铁路列车运行组织从计划到执行

的全过程计算机模拟实验系统(Simulator)<sup>[6]</sup>。该系统采用控制参数间接控制程序流程,使程序能适用于不同调整策略,为综合评价各种调整策略提供了实验工具。运用 Simulator 系统,对京沪全线多种运营条件下高速铁路列车运行组织过程进行了模拟实验。模拟实验分三步进行,依次为编制列车运行方案、设置运营条件、模拟列车运行过程及分析模拟实验结果。系统运行采用的主要参数均来自前期有关研究报告<sup>[7,8]</sup>。

### 3.1 列车运行方案

本文编制了 6 个列车开行对数依次递减的列车运行方案(JH-1~JH-6),各方案主要技术指标见表 1。

表 1 京沪全线列车运行方案技术指标

方案号	列车对数		列车公里(单向)		旅行速度/ $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$		能力利用率/ $\%$
	高	中	高	中	高	中	
1	217	40	91 711.93	26 843.82	229.1	88.4	66.33
2	206	40	86 402.75	26 843.82	229.5	92.0	64.61
3	195	39	80 952.13	26 549.77	229.6	95.3	62.40
4	184	39	75 357.12	26 548.77	229.0	95.5	61.79
5	173	38	68 778.56	25 939.43	228.6	100.9	60.84
6	162	37	65 299.29	25 047.38	228.7	102.5	59.47

### 3.2 运营条件

运营条件指的是导致同一列车运行方案产生不同执行效果的因素,这里主要包括列车运行干扰和采用的调整策略。

#### (1) 列车运行干扰

本文通过综合分析<sup>[3]</sup>,共考虑 8 种较为可能的干扰水平,见表 2。干扰水平 1~3 只考虑上线中速干扰,其中干扰水平 3 为小概率、大晚点的情况;干扰水平 4~8 同时考虑上线中速干扰及高速线上干扰,干扰水平 4~7 的干扰强度依次递增,干扰水平 8 为小概率、大晚点的情况,这种情况主要是考虑高速铁路进入稳定运营期后,列车晚点概率比较低,一旦出现也主要是集中于几列车的情况。

表 2 各种干扰水平的晚点时间及晚点概率

干扰水平	上线中速列车晚点		线上中速列车晚点		高速列车晚点	
	时间/ $\text{min}$	概率/ $\%$	时间/ $\text{min}$	概率/ $\%$	时间/ $\text{min}$	概率/ $\%$
1	20	10	0	0	0	0
2	20	15	0	0	0	0
3	30	5	0	0	0	0
4	10	5	5	5	3	5
5	10	10	5	10	3	5
6	20	10	5	10	3	10
7	20	15	10	10	5	10
8	10	15	15	5	10	3

### (2) 列车运行调整策略

本文主要考虑 4 种调整策略,各种调整策略的控制参数见表 3。调整策略 A 为:①低等级列车不得引起

表 3 调整策略参数设置

列车之间的限制时间/ $\text{min}$	调整策略号				
	A	B	C	D	
中高速列车之间 (不同等级列车)	$LT_1$	0	0	4	8
	$LT_2$	0	0	2	5
	$LT_3$	0	0	1	3
	$LT_4$	0	0	1	3
	$LT_5$	0	0	2	5
	$LT_6$	0	0	3	5
	$LT_7$	0	0	5	8
中速列车之间 (同等级列车)	$LT_8$	0	5	5	5
	$LT_9$	0	3	3	3
	$LT_{10}$	0	2	5	5
高速列车之间 (同等级列车)	$LT_{11}$	0	5	7	7
	$LT_{12}$	0	10	10	10
	$LT_{13}$	0	5	5	5
高速列车之间 (同等级列车)	$LT_{14}$	0	0	0	0
	$LT_{15}$	0	5	1	5
	$LT_{16}$	0	3	3	3
$LT_{17}$	0	1	5	1	

高等级列车晚点;②同等级列车之间短运程列车不得引起长运程列车晚点,晚点列车不得引起正点列车晚点。调整策略 B 为:①低等级列车不得引起高等级列车晚点;②同等级列车之间短运程列车可以引起长运程列车一定时间晚点,晚点列车可以引起正点列车一定时间晚点。调整策略 C 为:①低等级列车可以引起高等级列车一定时间晚点;②同等级列车之间短运程列车可以引起长运程列车一定时间晚点,晚点列车对正点列车允许影响时间随晚点等级增高而增大。调整策略 D 为:①不同等级列车之间的影响同策略 C,但允许影响时间大于策略 C;②中速列车之间的影响同策略 C;③高速列车之间的影响同策略 B。总之,策略 A、B 为中速列车不得影响高速列车的调整策略,但策略 B 允许同等级列车之间有一定影响;策略 C、D 为允许中速列车影响高速列车的调整策略,策略 D 允许中速列车影响高速列车的时间大于策略 C。关于列车之间的越行原则,一般情况同等级列车之间不越行,但由于晚点导致的到发顺序变更不受此限制。

### 3.3 调整策略对方案执行效果的影响分析

本文对京沪全线 6 种能力利用率水平的列车运行方案,在 8 种运行干扰下分别采用 4 种调整策略共 192 种情况进行了模拟实验。执行结果方案号命名为

JH-x-y-z, 其中 x 代表列车运行方案号, y 代表干扰水平, z 代表调整策略, 例如 JH-1-7-A 为京沪全线方案 1 在第 7 种干扰水平下采用调整措施 A 的执行结果方案。每个运行方案不同运营条件下的模拟实验都有一

套完整的统计数据(参见文献[6]中表 6-1), 本文侧重于列车晚点分析, 表 4 显示了方案 3 在第 5、7 种干扰水平下的列车晚点情况, 其它方案执行效果参见文献[6]中附表 V-1。

表 4 京沪全线方案列车运行指标

方案号	晚点列车/列	下线列车/列	晚点概率/%		晚点列车平均晚点/min	总晚点时间/min	最长晚点时间/min	
			全部	临界				
JH-3-5-A	高速	25	0	6.41	1.28	3.36	84.0	15.5
	中速	25	0	32.05	26.92	45.46	1 136.5	147.0
JH-3-5-B	高速	26	0	6.67	1.28	3.15	82.0	12.0
	中速	24	0	30.77	25.64	47.15	1 131.5	147.0
JH-3-5-C	高速	38	0	9.74	1.28	2.54	96.5	15.5
	中速	24	0	30.77	23.08	35.33	848.0	145.0
JH-3-5-D	高速	59	0	15.13	1.54	2.30	135.5	12.0
	中速	28	0	35.9	14.10	21.86	612.0	145.5
JH-3-7-A	高速	39	0	10.00	4.62	6.38	249.0	21.0
	中速	53	1	67.95	64.10	69.56	3 688.0	267.5
JH-3-7-B	高速	36	0	9.23	3.59	6.18	222.5	21.0
	中速	53	1	67.95	58.97	61.27	3 247.5	267.5
JH-3-7-C	高速	66	0	16.92	3.59	4.14	273.0	27.5
	中速	45	0	57.69	46.15	47.74	2 148.5	145.0
JH-3-7-D	高速	118	0	30.26	6.92	4.27	503.5	30.0
	中速	46	0	58.97	32.05	31.12	1 431.5	203.5

注:“临界晚点概率”指高速列车终到晚点时间超过 5 min、中速列车终到晚点时间超过 10 min 的列车晚点概率。

表 5 京沪全线方案列车增晚情况汇总表

方案号	增晚时间/min			增加损失	增晚系数			增加损失系数
	高速	中速	合计		高速	中速	合计	
JH-3-5-A	24.0	1 059.5	1 083.5	1 179.5	0.40	13.76	7.91	3.13
JH-3-5-B	22.0	1 054.5	1 076.5	1 164.5	0.37	13.69	7.86	3.09
JH-3-5-C	36.5	771.0	807.5	933.5	0.61	10.01	5.89	2.53
JH-3-5-D	75.5	535.0	610.5	912.5	1.26	6.95	4.46	2.42
JH-3-7-A	73.5	3 494.0	3 567.5	3 861.5	0.42	18.01	9.65	4.60
JH-3-7-B	47.0	3 053.5	3 100.5	3 288.5	0.27	15.74	8.39	4.07
JH-3-7-C	97.5	1 954.5	2 052.0	2 442.0	0.56	10.07	5.55	2.28
JH-3-7-D	328.0	1 237.5	1 565.5	2 877.5	1.87	6.38	4.24	2.69

注:“增加损失”是考虑高、中速列车晚点损失权重不同而设置的统计指标, 本文高、中速列车的权重系数分别取 5、1, “增晚时间”相当于高、中速列车权重系数分别为 1、1 的情况, “增晚系数”为增晚时间与初始晚点时间的比值, “增加损失系数”为增加损失与初始损失的比值。

根据模拟实验结果可以看出, 同一运行方案在相同的干扰水平下采用不同调整策略执行效果差别较大, 如果单纯考虑高中速列车总的增晚时间, 6 个运行方案 8 种干扰水平共 48 种情况中有 45 个是采用调整策略 D 时增晚系数最小。这种结果不难理解, 因为调整策略 D 是 4 种调整策略中允许中速列车影响高速列车时间最多的策略, 考虑到高速铁路必须保证高速列车运行的稳定性, 高速列车晚点损失的权重应该大于中速列车, 这里主要采用指标“增加损失系数”来分析各种调整策略的调整效果, 表 5 显示了方案 3 在第

5、7 种干扰水平下的执行效果, 其它方案执行效果参见文献[6]中附表 V-3, 图 2、图 3 分别显示了干扰水平 5、7 下各种方案的执行效果。

根据各方案“增加损失系数”的情况, 可以得出:

(1) 除干扰 3 外, 其它干扰水平调整策略 C 或 D 的调整效果优于调整策略 A、B, 并且这种较优效果在干扰水平较高、能力利用率水平也较高的情况下非常显著, 实验结果还显示调整策略 C 或 D 对于压缩大晚点列车的晚点也是非常有效的。

(2) 干扰水平较高时(干扰 6、7), 调整策略 C 的

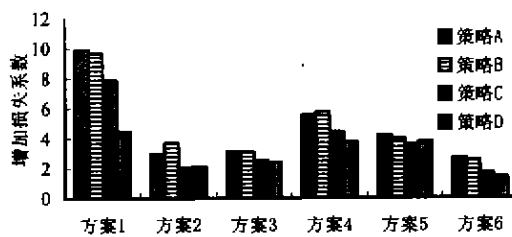


图 2 不同调整策略执行效果对照图(干扰水平 5)

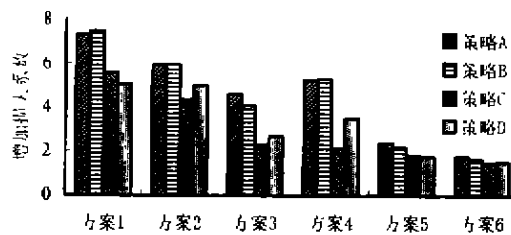


图 3 不同调整策略执行效果对照图(干扰水平 7)

调整效果一般优于策略 D, 主要是因为初始晚点较大时, 如果允许中速列车对高速列车有较大的影响, 高速列车晚点的可能性增加, 这样虽然中速列车晚点减少, 但总体运行质量降低, 因此, 干扰水平较高时, 允许中速列车对高速列车有一定影响是有效的, 但影响时间应严格控制。

(3) 对于能力利用率高的方案(方案 1、2), 由于列车密集到发, 如果允许中速列车对高速列车有较大影响容易导致高速列车之间的晚点传播, 从而降低高速列车运行质量, 通常调整策略 C 的效果较好。但有些情况还需进一步分析, 实验结果显示方案 2 基本应选择调整策略 C, 而能力利用率相对较高的方案 1 却应该选择调整策略 D, 主要是因为方案 1 出现了中速列车下线的情况, 选择调整策略 D 虽然增加了高速列车的晚点, 但能减少或消除中速列车下线。所以, 对于能力利用率高的方案, 如果能保证中速列车不下线, 选择中速列车对高速列车有较小影响的策略效果较好, 否则可以适当增大中速列车对高速列车的影响时间。

(4) 干扰水平 3 代表上线中速列车晚点为小概率、大晚点且不考虑高速线上列车晚点的情况, 执行效果与具体方案关系密切, 调整策略的影响没有明显的规律性, 这种干扰情况下的调整策略应视具体方案而定。

另外, 作者还对不同调整策略下相应的动车组及到发线运用计划调整情况进行了模拟实验<sup>[6]</sup>, 实验结果显示, 对于同一方案相同干扰水平下, 采用不同调整策略, 动车组运用计划调整比例差别不大, 个别情况时

调整策略 D 的调整比例较大, 对到发线数量需求的影响也不明显。主要原因是虽然采用不同调整策略高速列车在各站的到发时间有一些变化, 但基本控制在很小的范围之内(本文控制在 5 min 以下)。

## 4 结束语

本文运用模拟分析法对高速铁路列车运行调整策略进行了研究与探讨。研究表明, 当运行调整困难时, 适当允许中速列车对高速列车有一定影响, 高速列车运行质量的下降非常有限, 而中速列车运行质量却显著改善。因此, 对于“高中共线运行”模式, 为迅速恢复列车运行正常秩序, 建议允许中速列车对高速列车有一定影响, 但影响时间要严格控制, 以保证高速列车的运行质量。对于京沪全线方案, 在能力利用率一般、干扰水平不高时, 或中速列车出现下线时, 可以允许中速列车对高速列车有较大的影响。另外作者对沪宁线方案也进行了模拟实验, 实验结果显示, 沪宁线方案对影响时间的敏感度高于京沪全线方案, 主要应该考虑调整策略 C, 即允许影响时间较小的策略。当然, 实际运行时, 列车晚点的随机性很大, 调整策略的选择必须结合具体情况。本文提供的策略是以参数形式控制的, 可以通过改变参数形成更多的调整策略, 选择调整效果最好的方案做为执行方案。

## 参考文献:

- [1] Norio T. A Hybrid Train Traffic Rescheduling Simulator [J]. QR of RTR1, 1995, 36(4).
- [2] Francis TAILLANTER. 法国国营铁路公司的高速铁路网及其营运[Z]. 北京: 铁道部高速铁路办公室, 1994, 28—30.
- [3] 中华人民共和国铁道部, 西门子公司. 铁路技术研讨会资料[Z]. 北京: 铁道部高速铁路办公室, 1996. 3.
- [4] 张星臣. 京沪高速铁路列车运行仿真实验系统研究[J]. 铁道学报, 1998, 20(4).
- [5] 聂磊. 高速铁路列车运行图自动移线方法研究[J]. 中国铁道科学, 1996, 18(4).
- [6] 聂磊. 高速铁路列车运行调整优化理论与方法[D]. 北京: 北方交通大学, 1999.
- [7] 赵映莲, 等. 京沪高速铁路客车开行方案的研究报告[R]. 北京: 铁道部科学研究院, 1993.
- [8] 时颀. 京沪高速铁路营业站及技术设施合理配置的研究报告[R]. 北京: 铁道部科学研究院, 1997.

(责任编辑 李淑萍 刘梅林)